

清华大学

计算机系列教材

殷人昆 编著

数据结构精讲与习题详解 (C语言版)

(第2版)



清华大学出版社



清华大学 计算机系列教材

殷人昆 编著

数据结构精讲与习题详解 (C语言版)
(第2版)

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是清华大学出版社出版的《数据结构(C语言版)》(第2版)的配套教材,对“数据结构”课程常用习题进行了解析,对许多不易通过自学理解的概念和知识做了深入讲解,并针对“数据结构”课程的学习给出了指导性建议。本书覆盖了数据结构与算法的主要知识点,共分为8章,包括数据结构绪论,线性表,栈和队列,多维数组、字符串与广义表,树与二叉树,图,查找以及排序。每章划分为多个知识点,首先给出知识点提要,归纳有关要点和容易忽略的细节;然后给出选择题、判断题、简答题和算法题4种题型的典型习题。全书的题量为2840题。

本书既可以作为大学计算机科学与技术、软件工程等专业的本科生学习“数据结构”课程的辅助教材,也可供考研人员自学参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

数据结构精讲与习题详解: C语言版/殷人昆编著. —2版. —北京:清华大学出版社,2018

(清华大学计算机系列教材)

ISBN 978-7-302-46512-6

I. ①数… II. ①殷… III. ①数据结构—高等学校—教学参考资料 ②C语言—程序设计—高等学校—教学参考资料 IV. ①TP311.12 ②TP312.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 025421 号

责任编辑:白立军 战晓雷

封面设计:常雪影

责任校对:焦丽丽

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:56.5 字 数:1372千字

版 次:2012年10月第1版 2018年1月第2版 印 次:2018年1月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:128.00元

产品编号:067527-01

第 2 版前言

本书是《数据结构精讲与习题详解》的第 2 版,与前一版相比,它做了如下改变:

(1) 对第 1 版参考答案中存在的代码错误和低效之处进行了全面修改。

(2) 局部改变了第 1 版的章节编排。将“树与二叉树”与“树的应用”合并为一章,将“内排序”与“外排序”合并为一章,将“二叉查找(排序)树”与“AVL 树”调整到第 7 章“查找”中。

(3) 题量从 1250 题增加到 2840 题,同时将“疑难点辨析”改为“判断题”,部分调整到“简答题”中。这是考虑到“判断题”更能够激发读者的深度思考。

(4) “知识点提要”部分没有如同主教材那样系统、详细地讨论有关知识点的细节,而是从复习的角度归纳了知识点的要点和容易忽略的细节。因此,如果要系统地学习数据结构的主要概念,还是应当以主教材为主,本书为辅,配合学习。

(5) 由于篇幅原因,“选择题”和“判断题”部分仅给出答案,删去了解析。因此,这两部分对于读者来说更需要“研读”而不应“走马观花”,不但要知其然,而且要知其所以然。对于“选择题”,首先要了解相关知识点的主要概念,如果有把握,可直接确定正确的选项;如果没有把握,可采用排除法,利用自己掌握的知识,排除那些不合理的选项。对于“判断题”,直接与主教材的内容有关,如果没有把握,最好先去温习主教材,但这要求选好主教材。

(6) 本书的“简答题”部分相当精彩,如果仔细研读之后必有大的收获。其内容包括简单的问答题、画图题、计算题、证明题。这些题直接与相关的数据结构和算法有关,通过这些题目,可加深对各种数据结构特点的理解,搞清容易忽略或容易混淆的概念,且对某些较复杂的算法,可以通过实例理顺其中的细节。

(7) 本书的“算法题”有 700 多题,一部分来自国内外的经典数据结构教材和题典,一部分来自各大学、各大公司的入学考试和入职面试,涵盖了各种数据结构和算法的应用,而且都已用 Visual C++ 6.0 调试通过。研读这些习题,对于提高读者分析问题和解决问题的能力很有帮助。希望读者每做完一道算法题都能够进行小结,把这类题的解题思路和辅助数据结构的应用牢记于心。

(8) 细节决定成败。对“数据结构”课程所讲的知识是否掌握得好,关键在于对细节是否把握得好。对课程的每一个知识点,通过练习从不同侧面理解其精髓,使得以后不论从什么角度,用什么表述方式提出问题,都能想到使用什么方法,利用什么数据结构来解决,这样才能够为以后的科研、开发打下坚实的基础。

本书实际上是一个题库,不同程度的读者可选择力所能及的题目来做。有些简答题和算法题比较难,不是考研或参加入职考试的读者可以不看它们。本书不设难度标识,无论多难的题目,只要看过参考答案,都能了解其解题思路。为此,本书在算法描述上尽可能做到简单、清晰、易读。

本书覆盖了数据结构与算法的主要知识点,但对于某些没有普遍列入数据结构教材的

知识点,如红黑树、数字查找树、伸展树、跳表、左斜堆、B*树、动态散列、k-d树等,都没有涉及。这样取舍对于多数院校已经足够了。本书既可以作为大学计算机科学与技术或软件工程专业学习“数据结构”课程的辅助教材,也可以作为考研复习的辅导教材。

本书得到清华大学2015年度本科精品教材项目资助。在成书过程中得到清华大学计算机系和清华大学出版社相关老师的鼓励和支持,也得到家人的理解和照顾,本人在此一并表示感谢。限于本人的学识和能力,书中不可避免地还会有一些错误和欠缺,诚请读者多提宝贵意见。我的联系地址是 yinrk@tsinghua.edu.cn 或 yinrk@sohu.com。

作 者

2017年6月于清华园荷清苑

第 1 版前言

“数据结构”是计算机技术与工程、软件工程及信息管理专业的一门必修的核心课程。“数据结构”课程的任务是讨论在应用问题求解时数据的逻辑组织、在计算机中的存储实现以及相关操作的算法。“数据结构”课程的目的是使学生掌握在实际问题解决过程中如何组织数据、如何存储数据和如何处理数据的基本方法,为进一步学习后续课程以及为以后从事软件开发和应用打下坚实的基础。

本书是清华大学出版社出版的《数据结构(C语言描述)》的配套教材。它不但汇集了《数据结构》常用习题的解析,还对教学中反映出来的许多不易通过自学理解的概念和知识做了讲解,并对学习“数据结构”课程提出了一些指导性建议和考试的样例。特别是紧扣了全国硕士研究生计算机专业联考的考试大纲,对“数据结构”的主要知识点做了归纳,对 358 处疑难点做了点拨,按照考试大纲规定的题型,对 843 道习题做了解答和分析,最后给出了 2009—2012 年的历年计算机联考的真题和答案。实际上总题量超过 1250 题。

在编写本教材的过程中,作者对网上流传的“1800 题”、严蔚敏版习题的解答做了研究,还参考了国内外众多习题集或课程辅导,去除过时的、重复的、不适当的习题或试题,从中梳理了对复习和准备考试的学生有一定参考价值的习题。希望这种努力能够帮助有志于学好这门课程的同学掌握课程的基本知识和解题的基本技能,并基于此做深度的研究。

本书共分 10 章,覆盖了教育部高等学校计算机科学与技术专业教学指导委员会公布的《高等学校计算机科学与技术专业公共核心知识体系与课程》和教育部考试中心公布的《计算机科学与技术学科联考考研大纲》中有关数据结构的几乎所有知识点。第 1 章是计算机概论,主要涉及算法设计和分析的习题;第 2 章是线性表,注重链表上的算法设计与实现方面的习题;第 3 章是栈和队列,重点在栈和队列的应用;第 4 章是数组、串和广义表,重点在串;第 5 章讨论树、森林和二叉树,重点在二叉树的遍历和树与二叉树的转换及其相关的习题;为了深入学习树与二叉树的应用,第 6 章讨论了二叉查找树、AVL 树、Huffman 树、堆和并查集,之所以把堆结构归入这一章,是因为在下一章要用到它;第 7 章是图,重点在图的遍历、连通性和最小生成树、最短路径、拓扑排序等,在这一章还引用了分治法、减治法、回溯法、贪心法、动态规划、分枝限界法等常用算法设计策略。第 8 章是查找,重点在折半查找、散列法;第 9 章是内排序,第 10 章是外排序,对各种排序算法的方法和特点有很多练习。

每个知识点分 4 个层次展开。第一是“知识点复习”,由于篇幅有限,这部分内容以梳理主教材的知识点为主;第二是“疑难点辨析”,是对知识点中容易被学生忽略的细节进行点拨;第三是“选择题解析”,对知识点从正面或反面进行练习,以加深对概念的理解;第四是“应用题选讲”,对知识的综合应用进行多种手段的训练,包括作图或计算、算法设计与分析等。为了使学习者不至于一下陷入题海之中,对题号上加“*”的可以先跳过它,待以后备

考时再来看它。本书力求对各种可能的问题都有一个解决的思路和预案,从而达到一个熟能生巧、处变不惊的境界。

本书是基于多年来的教学实践整理而成的,希望能对广大读者的学习起到促进作用。但由于时间仓促和作者的水平所限,错误和疏漏在所难免,敬请读者提出宝贵意见。

作者的邮件地址是 `yinrk@tsinghua.edu.cn` 或 `yinrk@sohu.com`,衷心希望与各位读者交流。

作 者

2012年4月于清华园荷清苑

目 录

第 1 章 数据结构绪论	1
1.1 数据结构的概念及分类	1
1.1.1 知识点提要	1
1.1.2 选择题	3
1.1.3 判断题	4
1.1.4 简答题	5
1.1.5 算法题	8
1.2 算法设计与算法分析	10
1.2.1 知识点提要	10
1.2.2 选择题	13
1.2.3 判断题	17
1.2.4 简答题	18
1.2.5 算法题	25
第 2 章 线性表	30
2.1 线性表的概念	30
2.1.1 知识点提要	30
2.1.2 选择题	31
2.1.3 判断题	32
2.1.4 简答题	32
2.1.5 算法题	33
2.2 顺序表	34
2.2.1 知识点提要	34
2.2.2 选择题	36
2.2.3 判断题	37
2.2.4 简答题	38
2.2.5 算法题	39
2.3 线性表的链接存储表示	49
2.3.1 知识点提要	49
2.3.2 选择题	51
2.3.3 判断题	55
2.3.4 简答题	56
2.3.5 算法题	57
2.4 两种存储表示的比较	87
2.4.1 知识点提要	87

2.4.2	选择题	88
2.4.3	判断题	89
2.4.4	简答题	90
2.4.5	算法题	91
2.5	线性表的应用	94
2.5.1	知识点提要	94
2.5.2	选择题	97
2.5.3	判断题	98
2.5.4	简答题	98
2.5.5	算法题	100
第3章	栈和队列	119
3.1	栈	119
3.1.1	知识点提要	119
3.1.2	选择题	122
3.1.3	判断题	126
3.1.4	简答题	126
3.1.5	算法题	131
3.2	队列	138
3.2.1	知识点提要	138
3.2.2	选择题	142
3.2.3	判断题	145
3.2.4	简答题	145
3.2.5	算法题	150
3.3	栈与队列的应用	160
3.3.1	知识点提要	160
3.3.2	选择题	161
3.3.3	判断题	162
3.3.4	简答题	163
3.3.5	算法题	168
3.4	栈与递归	188
3.4.1	知识点提要	188
3.4.2	选择题	190
3.4.3	判断题	192
3.4.4	简答题	193
3.4.5	算法题	196
第4章	多维数组、字符串与广义表	211
4.1	多维数组	211
4.1.1	知识点提要	211
4.1.2	选择题	213

4.1.3	判断题	215
4.1.4	简答题	215
4.1.5	算法题	218
4.2	特殊矩阵与稀疏矩阵	242
4.2.1	知识点提要	242
4.2.2	选择题	244
4.2.3	判断题	246
4.2.4	简答题	247
4.2.5	算法题	257
4.3	字符串	272
4.3.1	知识点提要	272
4.3.2	选择题	275
4.3.3	判断题	277
4.3.4	简答题	278
4.3.5	算法题	282
4.4	广义表	298
4.4.1	知识点提要	298
4.4.2	选择题	299
4.4.2	判断题	300
4.4.3	简答题	301
4.4.4	算法题	305
第5章	树与二叉树	317
5.1	树的基本概念	317
5.1.1	知识点提要	317
5.1.2	选择题	319
5.1.3	判断题	320
5.1.4	简答题	321
5.1.5	算法题	322
5.2	二叉树及其存储表示	323
5.2.1	知识点提要	323
5.2.2	选择题	326
5.2.3	判断题	329
5.2.4	简答题	330
5.2.5	算法题	334
5.3	二叉树的遍历	339
5.3.1	知识点提要	339
5.3.2	选择题	342
5.3.3	判断题	346
5.3.4	简答题	347

5.3.5	算法题	357
5.4	线索二叉树	396
5.4.1	知识点提要	396
5.4.2	选择题	397
5.4.3	判断题	400
5.4.4	简答题	400
5.4.5	算法题	402
5.5	树与森林的存储与遍历	412
5.5.1	知识点提要	412
5.5.2	选择题	415
5.5.3	判断题	417
5.5.4	简答题	418
5.5.5	算法题	423
5.6	Huffman 树	439
5.6.1	知识点提要	439
5.6.2	选择题	442
5.6.3	判断题	443
5.6.4	简答题	444
5.6.5	算法题	449
5.7	堆	453
5.7.1	知识点提要	453
5.7.2	选择题	456
5.7.3	判断题	457
5.7.4	简答题	457
5.7.5	算法题	460
5.8	并查集	466
5.8.1	知识点提要	466
5.8.2	选择题	468
5.8.3	判断题	469
5.8.4	简答题	469
5.8.5	算法题	471
第6章	图	473
6.1	图的基本概念	473
6.1.1	知识点提要	473
6.1.2	选择题	474
6.1.3	判断题	476
6.1.4	简答题	477
6.1.5	算法题	481
6.2	图的存储表示	482

6.2.1	知识点提要	482
6.2.2	选择题	487
6.2.3	判断题	489
6.2.4	简答题	490
6.2.5	算法题	496
6.3	图的遍历	517
6.3.1	知识点提要	517
6.3.2	选择题	519
6.3.3	判断题	521
6.3.4	简答题	522
6.3.5	算法题	528
6.4	最小生成树	556
6.4.1	知识点提要	556
6.4.2	选择题	557
6.4.3	判断题	559
6.4.4	简答题	559
6.4.5	算法题	568
6.5	最短路径	577
6.5.1	知识点提要	577
6.5.2	选择题	579
6.5.3	判断题	580
6.5.4	简答题	580
6.5.5	算法题	585
6.6	拓扑排序和关键路径	597
6.6.1	知识点提要	597
6.6.2	选择题	600
6.6.3	判断题	602
6.6.4	简答题	603
6.6.5	算法题	609
第7章	查找	617
7.1	查找的概念与简单查找方法	617
7.1.1	知识点提要	617
7.1.2	选择题	622
7.1.3	判断题	626
7.1.4	简答题	626
7.1.5	算法题	637
7.2	二叉查找树	647
7.2.1	知识点提要	647
7.2.2	选择题	650

7.2.3	判断题	652
7.2.4	简答题	653
7.2.5	算法题	658
7.3	AVL 树	672
7.3.1	知识点提要	672
7.3.2	选择题	676
7.3.3	判断题	678
7.3.4	简答题	679
7.3.5	算法题	684
7.4	B 树与 B ⁺ 树	691
7.4.1	知识点提要	691
7.4.2	选择题	696
7.2.3	判断题	699
7.4.4	简答题	699
7.4.5	算法题	709
7.5	散列法	715
7.5.1	知识点提要	715
7.5.2	选择题	720
7.5.3	判断题	724
7.5.4	简答题	725
7.5.5	算法题	734
第 8 章	排序	746
8.1	排序的概念	746
8.1.1	知识点提要	746
8.1.2	选择题	748
8.1.3	判断题	749
8.1.4	简答题	749
8.1.5	算法题	751
8.2	插入排序	752
8.2.1	知识点提要	752
8.2.2	选择题	754
8.2.3	判断题	756
8.2.4	简答题	756
8.2.5	算法题	761
8.3	交换排序	767
8.3.1	知识点提要	767
8.3.2	选择题	769
8.3.3	判断题	772
8.3.4	简答题	772

8.3.5	算法题	779
8.4	选择排序	794
8.4.1	知识点提要	794
8.4.2	选择题	796
8.4.3	判断题	798
8.4.4	简答题	798
8.4.5	算法题	804
8.5	归并排序	810
8.5.1	知识点提要	810
8.5.2	选择题	811
8.5.3	判断题	812
8.5.4	简答题	812
8.5.5	算法题	815
8.6	桶排序	823
8.6.1	知识点提要	823
8.6.2	选择题	827
8.6.3	判断题	827
8.6.4	简答题	828
8.6.5	算法题	829
8.7	内排序方法的比较	834
8.7.1	知识点提要	834
8.7.2	选择题	836
8.7.3	判断题	838
8.7.4	简答题	839
8.7.5	算法题	842
8.8	外排序	847
8.8.1	知识点提要	847
8.8.2	选择题	854
8.8.3	判断题	856
8.8.4	简答题	857
8.8.5	算法题	874
	参考文献	887

第 1 章 数据结构绪论

本章的知识结构图

本章的知识结构如图 1-1 所示。

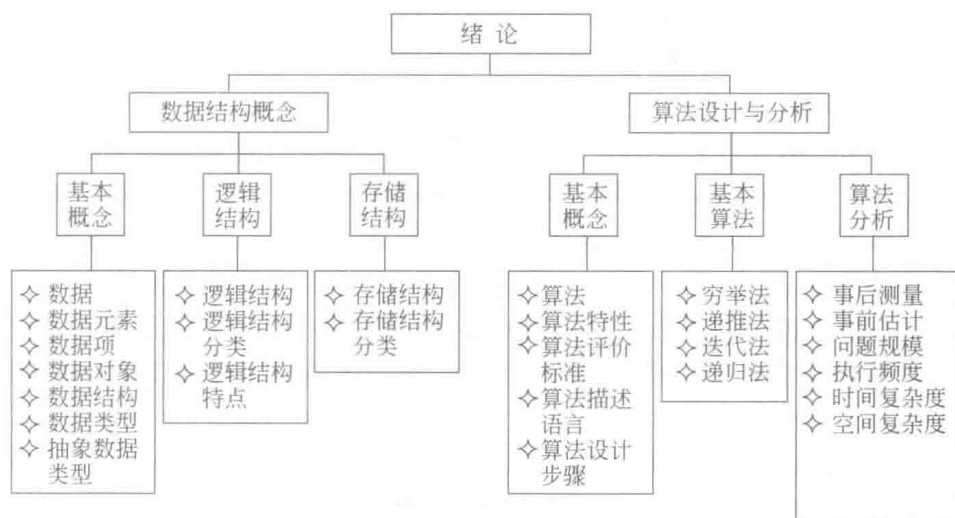


图 1-1 数据结构绪论的知识结构图

1.1 数据结构的概念及分类

1.1.1 知识点提要

1. 数据、数据元素和数据对象

(1) 数据是信息的载体,是对客观事物的符号表示,是所有能输入到计算机中并被计算机程序识别和处理的符号的集合。

(2) 数据元素是数据的基本单位。在计算机程序中数据元素常作为一个整体进行考虑和处理。数据元素又可称为元素、结点、记录。

(3) 一个数据元素可以由若干数据项组成。数据项还可区分为组项和基本项,组项可以由更小的组项和基本项构成,而基本项则是具有独立含义的最小标识单位。

(4) 数据元素的集合构成一个数据对象,它针对某种特定的应用。注意,本书所说数据对象不是面向对象系统中所指的数据对象,后者还需考虑对象所包括的操作。

2. 数据结构

(1) 数据结构指某一数据对象中的所有数据元素及它们之间的关系。完整的定义为

$$\text{数据结构} = \{D, R\}$$

其中, D 是某一数据对象; R 是该对象中所有数据元素间关系的有限集合。

(2) 数据结构是指数据元素间的逻辑关系,即数据的逻辑结构。它可以看作是从具体问题抽象出来的数据模型,与数据的存储无关。

(3) 数据的存储结构是数据逻辑结构在计算机内的表示,它依赖于数据的逻辑结构。

(4) 作用于数据结构上的操作是讨论数据结构的另一个重要方面,操作的实现依赖于相应的存储结构。

3. 数据逻辑结构的分类

(1) 数据的逻辑结构分为线性结构、树形结构、图结构和集合结构。

(2) 线性结构中元素之间的关系是一对一的,集合结构中元素之间的关系为空,树形结构中元素之间的关系是一对多的,图结构中元素之间的关系是多对多的。

(3) 集合结构的实现往往采用其他逻辑结构的存储表示。

4. 数据存储结构的分类

(1) 数据存储结构分为4类:顺序存储、链接存储、索引存储、散列存储。

(2) 在内存中组织各种数据结构,可采用顺序存储或链接存储。前者采用连续的存储区域相继存放数据元素,后者采用链表存储数据元素并通过各个元素附加的指针将它们按其逻辑顺序链接起来。

(3) 对于数量特别大的数据元素集合,一般需要存放于外存中。因此,有索引存储和散列存储。前者通过建立索引表来组织所有数据元素,后者通过散列函数直接把数据记录的关键码映射为该元素的存放地址。

5. 数据类型与抽象数据类型

(1) 数据类型是一个值的集合和定义在这个值集合上的一组操作的总称。

(2) 数据类型可分为两大类:基本数据类型和构造数据类型。

- 基本数据类型可以看作是计算机中已实现的数据结构。例如,C语言中的字符型(char)、整型(int)、浮点型(float)、双精度型(double)和无值(void),可直接使用由它们定义的变量和相应的操作。
- 构造数据类型由基本数据类型或构造数据类型组成,在应用中可视为一种数据模型。构造数据类型由不同成分类型构成,在C语言中用typedef struct来定义。

(3) 数据类型和数据结构的共同点在于它们都有其抽象性,它们并不特指适用于何处,可根据问题的需要和特定的使用环境,直接使用它们来表示相关的数据元素的构成或这些数据元素之间的关系。

(4) 数据类型与数据结构之间的区别在于数据结构本身是一种数据的组织形式和使用形式,通过把它定义成数据类型才能在计算机上使用。从这个意义上来看,数据类型是从编程者使用的角度可由计算机实现的数据结构。

(5) 数据类型本身不能参加运算,它就像一种模板,必须定义属于某种数据类型的变量,使用这些变量才能参与运算。面向对象系统中的类与对象也是这种关系。

(6) 抽象数据类型是一种构造数据类型,它具有三大特征:信息隐蔽、数据封装、使用与实现相分离。把数据类型的存储结构和操作的实现细节隐藏起来,使得使用者只能通过类型提供的操作来存取它们,这样,如果想修改类型的存储结构或操作的实现,只要呈现在使用者面前的使用方式不变,整个程序都不必大改。修改的局部化将大大提高程序的可修改性。

1.1.2 选择题

1. 数据结构是一门研究在非数值计算的程序设计问题中所涉及的()以及它们之间的关系和运算的科学。
- A. 数据内容 B. 数据流 C. 数据映像 D. 数据元素
2. 被计算机加工的数据元素不是孤立的,它们彼此之间一般存在某种关系,通常把数据元素之间的这种关系称为()。
- A. 规则 B. 结构 C. 集合 D. 运算
3. 在 $Data_Structure=(D,R)$ 中, D 是()的有限集合。
- A. 数据元素 B. 算法 C. 数据操作 D. 数据对象
4. 计算机所处理的数据一般具有某种关系,这是指()。
- A. 数据与数据之间存在的某种关系
B. 数据元素与数据元素之间存在的某种关系
C. 元素内数据项与数据项之间存在的某种关系
D. 数据元素内部存在的某种结构关系
5. 以下说法中正确的是()。
- A. 数据元素是具有独立意义的最小标识单位
B. 基本(原子)类型的值不可再分解
C. 基本(原子)类型的值由若干个数据项值组成
D. 结构类型的值不可以再分解
6. 以下关于数据元素之间关系的说法中错误的是()。
- A. 线性结构中结点形成一对一的关系
B. 树形结构具有分支和层次的特点,其形态有些像自然界中的树
C. 图形结构中的元素按其逻辑关系互相连接,每个结点都可能与其他结点邻接
D. 集合结构中的元素在逻辑上都有联系,但组织形式松散
7. 以下关于数据结构的说法中错误的是()。
- A. 相同的逻辑结构对应的存储结构必然也相同
B. 数据结构的讨论包括数据的逻辑结构、存储结构和基本运算等三个方面
C. 数据结构基本运算的实现与存储结构有关
D. 数据的存储结构是数据的逻辑结构的计算机实现
8. 以下关于数据结构的说法中正确的是()。
- A. 数据结构的逻辑结构独立于其存储结构
B. 数据结构的存储结构独立于该数据结构的逻辑结构
C. 数据结构的逻辑结构唯一地决定了该数据结构的存储结构
D. 数据结构仅由其逻辑结构和存储结构决定
9. 从逻辑上可将数据结构分为()。
- A. 动态结构和静态结构 B. 紧凑结构和非紧凑结构
C. 内部结构和外部结构 D. 线性结构和非线性结构
10. 以下选项中属于线性结构的是()。